

**PENGARUH VARIASI PADA OLI SAE 40, SAE 90, SAE 140
SEBAGAI PENDINGINAN TERHADAP PIPA COR
ALUMINIUM (AI) DENGAN MEDIA CETAKAN PASIR
MERAH**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I
pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik**

Oleh:

BAYU PURNOMOAJI
D200120076

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2019**

HALAMAN PERSETUJUAN

**PENGARUH VARIASI PADA OLI SAE 40, SAE 90, SAE 140
SEBAGAI PENDINGINAN TERHADAP PIPA COR
ALUMINIUM (AI) DENGAN MEDIA CETAKAN PASIR
MERAH**

PUBLIKASI ILMIAH

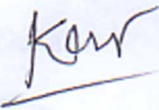
Oleh:

BAYU PURNOMOAJI

D200.12.0076

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing


Ir. Masyrukan., MT.

HALAMAN PENGESAHAN

**PENGARUH VARIASI PADA OLI SAE 40, SAE 90, SAE 140
SEBAGAI PENDINGINAN TERHADAP PIPA COR
ALUMINIUM (AI) DENGAN MEDIA CETAKAN PASIR
MERAH**

Oleh:

BAYU PURNOMOAJI

D200.12.0076

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada Hari, 29 Mei 2019
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

1. Ir. Masyrukan, MT (.....)
(Ketua Dewan Penguji)
2. Ir. Agus Hariyanto, MT (.....)
(Anggota 1 Dewan Penguji)
3. M. Alfatih Herndrawan, ST. MT (.....)
(Anggota 2 Dewan Penguji)

Dekan



Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D., IPM

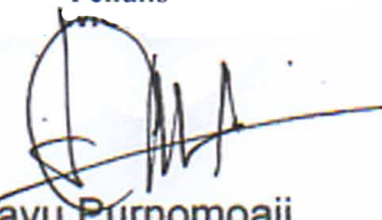
PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam publikasi ilmiah ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 29 Juni 2019

Penulis



Bayu Purnomoaji
D200.12.0076

PENGARUH VARIASI PADA OLI SAE 40, SAE 90, SAE 140 SEBAGAI PENDINGINAN TERHADAP PIPA COR ALUMINIUM (AI) DENGAN MEDIA CETAKAN PASIR MERAH

Abstrak

Proses peleburan logam dengan cara dicairkan, lalu kemudian dituang kedalam cetakan dan dibiarkan hingga membeku. Logam akan mengalami perubahan fasa selama proses pengecoran, yang disebabkan oleh proses pembekuan, perubahan sifat ini antara lain tergantung dari media pendingin yang digunakan pada saat proses pendinginan. Karena suatu logam sangat penting dalam suatu konstruksi permesinan, maka dalam penelitian ini digunakan pendinginan yang berbeda kekentalan oli yaitu : oli SAE 40, oli SAE 90, oli SAE 140. Tujuan penelitian ini adalah untuk meneliti pengaruh hasil cetakan pasir merah terhadap komposisi campuran kimia, kekerasan, struktur mikro pada produk cor aluminium dengan pendinginan menggunakan oli. Dari pengujian kekerasan benda uji dengan media oli SAE 140 mempunyai nilai kekerasan yang lebih baik dibanding oli SAE 40 dan oli SAE 90. Dari hasil pengujian komposisi kimia terhadap 17 unsur, tetapi hanya 5 unsur yang paling berpengaruh pada aluminium cor yaitu Si, Fe, Cu, Mn, dan Zn yang paling dominan.

Kata Kunci : Aluminium (AI), Pendinginan Cepat, Komposisi Kimia, Kekerasan, Struktur Mikro.

Abstract

The process of melting the metal by melting, then poured into the mold and allowed to freeze. The metal will undergo phase change during the casting process, caused by the clotting process, this change in properties among others depends on the cooling medium used during the cooling process. Because a metal is very important in a machining construction, in this study used different cooling fluid oil viscosity that is : SAE 40 oil, SAE 90 oil, SAE 140 oil. The purpose of this study was to examine the effect of red sand mold on chemical composition mixture, hardness, microstructure in cast aluminium products with oil cooling. From the test of hardness of specimen with SAE 140 oil media has better hardness value compared to SAE 40 oil and SAE 90 oil. From the test of chemical composition there are 17 elements, but only 5 elements that most influence on aluminium cast are Si, Fe, Cu, Mn, and Zn are the most dominant.

Keywords : Aluminium (AI), Rapid Cooling, Chemical composition, Hardness, Micro Structure.

1. PENDAHULUAN

Pengecoran merupakan proses peleburan logam dengan cara dicairkan, lalu kemudian dituang ke dalam cetakan dan dibiarkan hingga membeku. Kualitas ini terutama mengenai sifat mekanis dan cacat yang terbentuk selama proses penuangan hingga membeku. Bahan yang dipakai dalam cetakan sangat bervariasi, beberapa contoh diantaranya dibuat dari bahan logam, pasir biasa, pasir CO₂, semen, kulit, keramik, dan sebagainya. Dari masing-masing bahan cetakan ini memiliki pengaruh terhadap kualitas hasil produk coran.

Aluminium murni merupakan logam yang mempunyai berat jenis yang lebih ringan dibanding dengan baja, disamping itu aluminium ini memiliki tahanan karat yang baik. Setiap logam akan mengalami perubahan fasa selama proses pengecoran, yang disebabkan oleh proses pembekuan, perubahan sifat ini antara lain tergantung dari media pendingin yang digunakan pada saat proses pendinginan. Karena suatu logam sangat penting dalam suatu konstruksi pemesinan.

Berdasarkan uraian diatas, maka perlu penelitian mengenai, pengaruh hasil pengecoran pipa dengan material Aluminium (Al) menggunakan cetakan pasir merah, dengan variasi media pendinginan menggunakan oli SAE 40, SAE 90, SAE 140.

1.1. Rumusan Masalah

Berdasarkan penelitian diatas, perumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

- a) Mengetahui pengaruh hasil cetakan pasir merah terhadap komposisi kimia produk cor Aluminium (Al).
- b) Mengetahui pengaruh hasil cetakan pasir merah terhadap distribusi kekerasan produk cor Aluminium (Al) dengan pendinginan menggunakan oli.
- c) Mengetahui pengaruh hasil cetakan pasir merah terhadap distribusi struktur mikro produk cor Aluminium (Al) dengan pendinginan menggunakan oli.

1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah :

- a) Meneliti pengaruh hasil cetakan pasir merah terhadap komposisi campuran kimia produk cor aluminium (AI).
- b) Meneliti pengaruh hasil cetakan pasir merah terhadap distribusi kekerasan produk cor Aluminium (AI) dengan pendinginan menggunakan oli.
- c) Meneliti pengaruh hasil cetakan pasir merah terhadap distribusi struktur mikro produk cor Aluminium (AI) dengan pendinginan menggunakan oli.

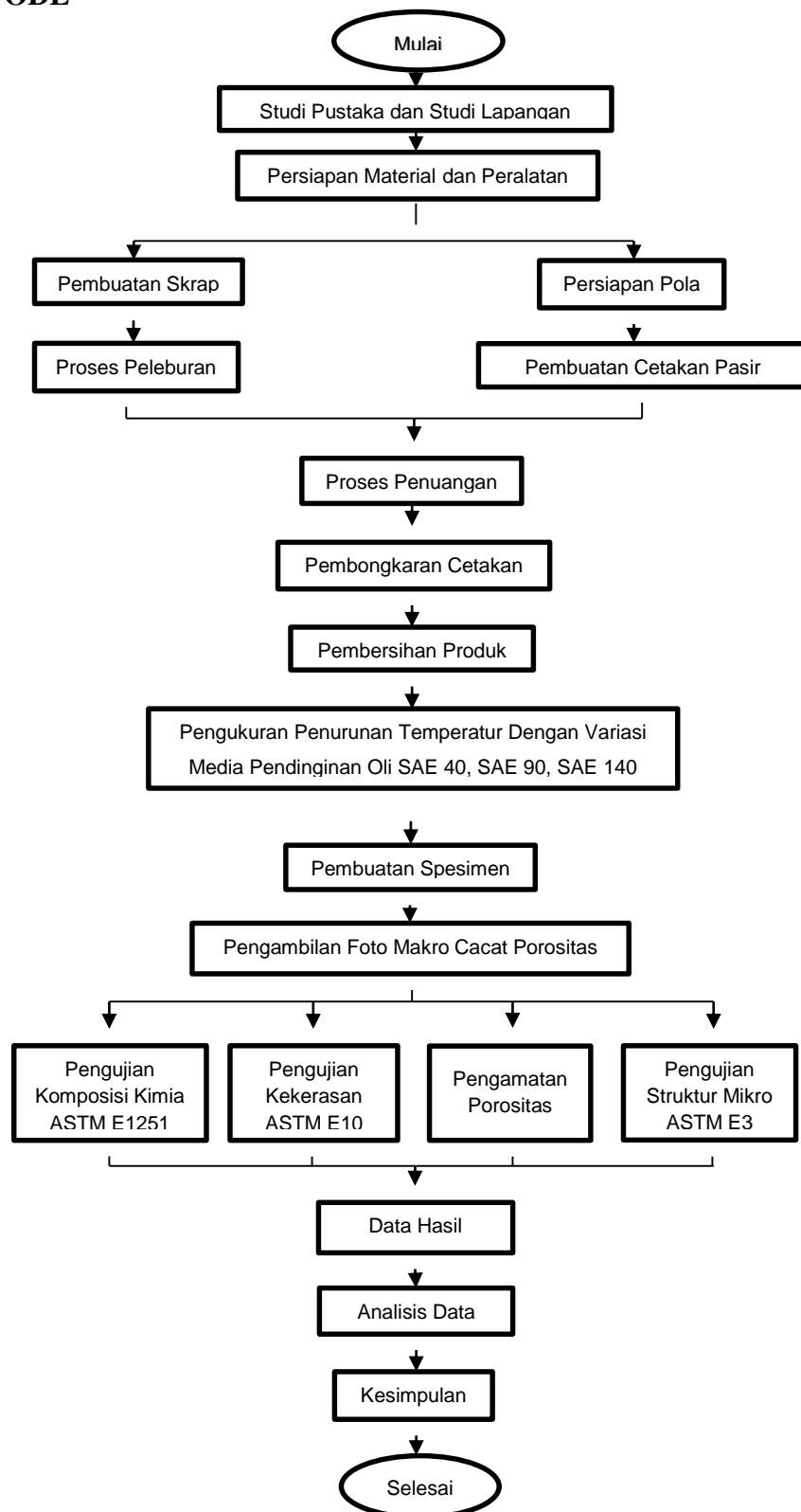
1.3. Manfaat Penelitian

Manfaat hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang baik kepada :

- 1) Bidang Akademik
 - a) Menambah pengetahuan tentang teknologi pengecoran logam khususnya logam Aluminium (AI).
 - b) Menambah pengetahuan tentang variasi pendinginan yang baik pada proses pengecoran Aluminium (AI) dengan menggunakan oli SAE 40, SAE 90, SAE 140.
 - c) Menambah pengetahuan tentang variasi media pendinginan yang sesuai untuk menghasilkan produk cor yang baik pada pengecoran logam.
- 2) Bidang Industri
 - a) Untuk meningkatkan kualitas produk pengecoran agar kualitas produk yang dihasilkan lebih baik.

Untuk mengetahui media pendinginan yang sesuai untuk menekan biaya produksi dan efektivitas produk.

2. METODE



Gambar 1. Diagram alir penelitian.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Penurunan Temperatur Dengan variasi Media Pendinginan Pada Saat Proses Pendinginan Aluminium (Al) Cor.

Tabel 1. Penurunan temperatur setiap 10 menit sekali dengan variasi media pendingin pada saat proses pendinginan.

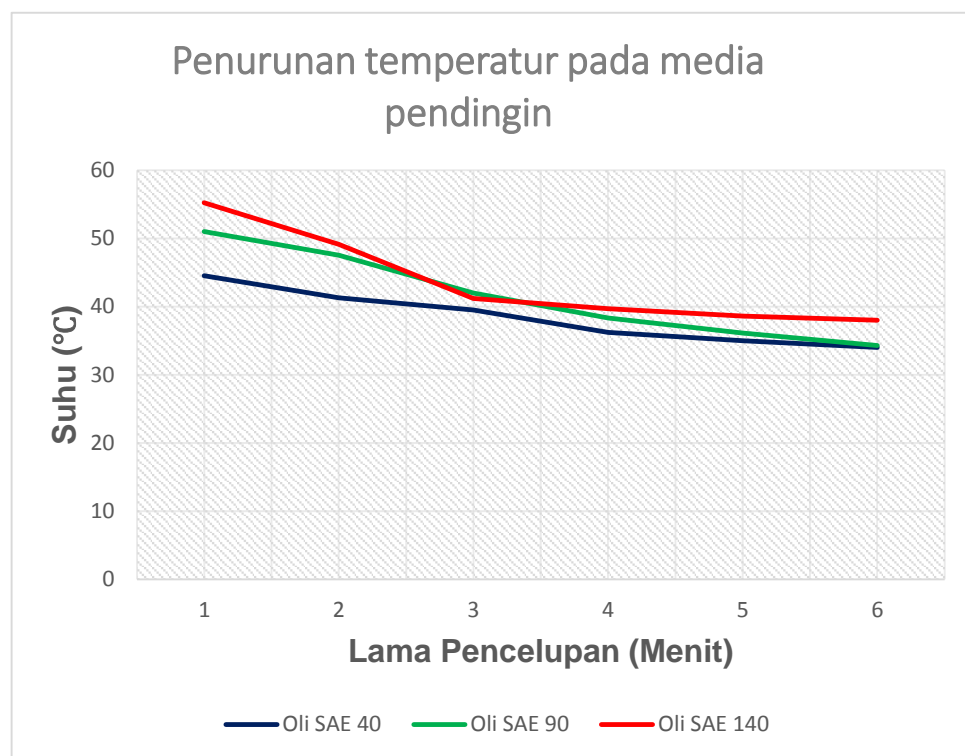
WAKTU (MENIT)	TEMPERATU R AWAL (^o C)	MEDIA PENDINGIN		
		OLI SAE 40	OLI SAE 90	OLI SAE 140
10	150 ^o C	44,5	51,0	55,2
20		41,3	47,5	49,1
30		39,5	42,0	41,2
40		36,2	38,3	39,7
50		35,0	36,1	38,6
60		34,0	34,3	38,0
RATA-RATA PENURUNAN SUHU		19,4	19,3	18,7

Dibawah ini merupakan rumus dan perhitungan yang digunakan untuk mencari rata-rata penurunan suhu disetiap 10 menit :

$$\begin{aligned}
 \text{Penurunan Suhu} &= \frac{(t_0 - t_1) + (t_1 - t_2) + (t_2 - t_3) + (t_3 - t_4) + (t_4 - t_5) + (t_5 - t_6)}{6} \\
 &= \frac{(150 - 44,5) + (44,5 - 41,3) + (41,3 - 39,5) + (39,5 - 36,2) + (36,2 - 35,0) + (35,0 - 34,0)}{6} \\
 &= \frac{105,5 + 3,2 + 1,8 + 3,3 + 1,2 + 1}{6} \\
 &= \frac{116}{6} \\
 &= 19,4.
 \end{aligned}$$

3.2 Pembahasan penurunan temperatur

Pengukuran penurunan temperatur pada media pendingin dilakukan setiap 10 menit sekali dengan menggunakan *thermometer infrared*, lama pendinginan selama 1 jam. Pengukuran pada media pendingin dilakukan dengan cara alat ukur dihadapkan pada spesimen dalam kondisi didinginkan maka akan terpancar sinar infrared yang akan menampilkan hasil atau temperatur pada layar *thermometer infrared*. Dari data tabel diatas memperoleh grafik sebagai berikut :



Gambar 2. Grafik pendinginan.

Dari hasil pengukuran penurunan temperatur setiap 10 menit sekali selama 1 jam dengan suhu awal produk cor sebelum dimasukkan ke media pendinginan sebesar 150 °C dapat diperoleh 6 hasil penurunan temperatur setiap variasi pendinginannya. 10 menit pertama untuk pendinginan oli SAE 40 adalah 44,5 °C, oli SAE 90 adalah 51,0 °C, dan oli SAE 140 adalah 55,2

$^{\circ}\text{C}$. Kemudian untuk 10 menit kedua penurunan dari pendinginan oli SAE 40 adalah $41,3^{\circ}\text{C}$, oli SAE 90 adalah $47,5^{\circ}\text{C}$, oli SAE 140 adalah $49,1^{\circ}\text{C}$. Kemudian 10 menit ketiga penurunan oli SAE 40 adalah $39,5^{\circ}\text{C}$, oli SAE 90 adalah $42,0^{\circ}\text{C}$, oli SAE 140 $41,2^{\circ}\text{C}$. Kemudian untuk 10 menit keempat penurunan oli SAE 40 adalah $36,2^{\circ}\text{C}$, oli SAE 90 adalah $38,3^{\circ}\text{C}$, oli SAE 140 adalah $39,7^{\circ}\text{C}$. Kemudian untuk 10 menit kelima penurunan oli SAE 40 adalah $35,0^{\circ}\text{C}$, oli SAE 90 adalah $36,1^{\circ}\text{C}$, oli SAE 140 adalah $38,6^{\circ}\text{C}$. Dan untuk 10 menit keenam penurunan oli SAE 40 adalah $34,0^{\circ}\text{C}$, oli SAE 90 adalah $34,3^{\circ}\text{C}$, oli SAE 140 adalah $38,0^{\circ}\text{C}$. Jadi dapat kita simpulkan untuk penurunan temperatur dari 10 menit pertama sampai penurunan keenam variasi pendinginan dengan media oli SAE 40 menjadi yang lebih cepat dari variasi pendinginan oli SAE 90 dan oli SAE 140. Dari keterangan data hasil penurunan temperatur diatas dapat dicari rata-rata sebagai berikut, variasi pendingin oli SAE 40 rata-rata setiap 10 menit mengalami penurunan $19,4^{\circ}\text{C}$, sedangkan variasi pendingin oli SAE 90 rata-rata setiap 10 menit mengalami penurunan $19,3^{\circ}\text{C}$, dan variasi pendingin oli SAE 140 rata-rata setiap 10 menit mengalami penurunan $18,7^{\circ}\text{C}$. Dari hasil rata-rata 3 variasi pendingin oli SAE 40 mengalami laju pendinginan lebih cepat dibanding dengan oli SAE 90 dan oli SAE 140 karena oli SAE 40 mempunyai konduktifitas lebih tinggi.

3.3 Data Hasil Komposisi Kimia

Pengujian komposisi kimia dilakukan di Laboratorium Politeknik Manufaktur Ceper, Klaten. Dengan menggunakan alat uji Spectrometer. Pada pengujian komposisi ini alat dapat melakukan pembacaan secara otomatis sehingga dideteksi beberapa jenis unsur kimia, dan berikut adalah data dari hasil komposisi kimia.

Tabel 2. Hasil Uji Komposisi Kimia

UNSUR	SAMPEL UJI	
	KANDUNGAN (%)	DEVIASI
Al	78,27	2,379
Si	9,77	0,493
Fe	9,50	2,06
Cu	0,115	0,0043
Mn	0,318	0,0832
Mg	0,0515	0,0026
Cr	0,180	0,0653
Ni	<0,0200	<0,0000
Zn	1,51	0,0917
Sn	0,0743	0,0093
Ti	0,0241	0,0103
Pb	<0,0300	<0,0000
Be	0,0002	0,0001
Ca	0,0030	0,0001
Sr	<0,0005	<0,0000
V	0,130	0,104
Zr	0,0305	0,0090

3.4 Pembahasan Komposisi Kimia

Dari hasil pengujian komposisi kimia terdapat 17 unsur, tetapi hanya 5 unsur yang paling berpengaruh pada aluminium cor yaitu (Si) 9,77%, (Fe) 9,50%, (Cu) 0,115%, (Mn) 0,318%, (Zn) 1,51%. Dilihat dari unsur yang ada pada material ini dapat digolongkan logam paduan silikon (Al-Si-Fe), karena unsur silikon (Si) merupakan paduan terbesar yaitu 9,77% dan Fe sebesar 9,50%.

Pengaruh silikon (Si) 9,77% mempunyai pengaruh baik dan mempermudah proses pengecoran, memperbaiki sifat-sifat atau karakteristik coran, meningkatkan ketahanan korosi. Sedangkan pengaruh buruk yang ditimbulkan adalah penurunan keuletan material terhadap bahan kejut coran akan rapuh jika kandungan terlalu tinggi. Pengaruh Besi (Fe) 9,50% mencegah terjadinya penempelan logam cair pada cetakan selama proses penuangan dan pengaruh buruk yaitu penurunan sifat mekanis, penurunan kekuatan tarik, timbulnya bintik keras pada hasil coran, peningkatan cacat porositas. Pengaruh Seng (Zn) 1,51% menghasilkan efek tidak berguna, konsentrasi paduan kurang dari 3% menaikkan kekuatan sangat tinggi sehingga cenderung memproduksi tegangan retak. Pengaruh Tembaga (Cu) 0,115% menghasilkan efek yang baik peningkatan kekerasan bahan, perbaikan kekuatan tarik, dan mempermudah proses pengerjaan dengan mesin dan mengurangi ketahanan terhadap korosi secara umum. Dan kandungan Mangan (Mn) 0,318% akan menaikkan kekuatan dalam temperatur yang tinggi. Dari data diatas dapat disimpulkan bahwa material ini termasuk logam aluminium paduan silikon (Al-Si-Fe). Menurut klasifikasi paduan aluminium cor tabel 2. termasuk dalam seri 4000.

3.5 Pengujian Hasil Kekerasan Hasil Produk Coran



Gambar 3. Titik kekerasan spesimen.

Pengujian kekerasan menggunakan *portable hardness (Brinell)* dengan beban 15,625 kgf dan menggunakan penetrator bola 2,5 mm. Dilakukan pada 3 titik pada bagian spesimen.

Tabel 3. Hasil Uji Kekerasan *Brinell* pada spesimen pendinginan oli SAE 40

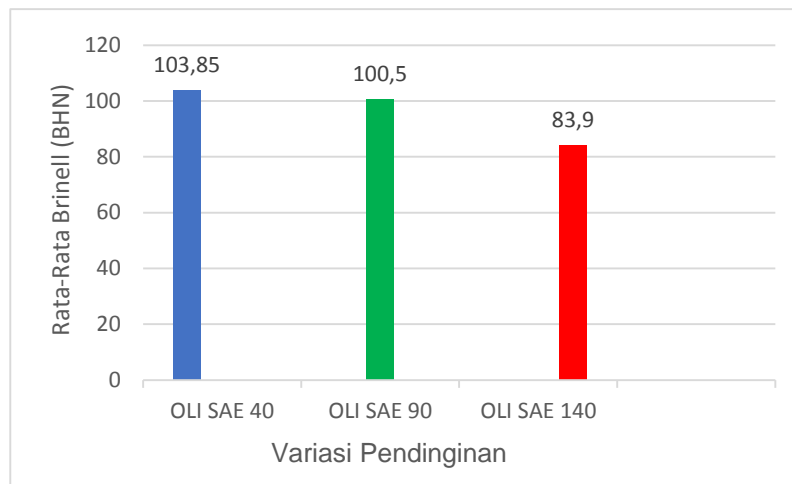
Titik	D indikator bola (mm)	P (kgf)	d diameter tumbukan (mm)	BHN	Rata-rata BHN
1	2,5	15,625	0,5	112,04	103,85
2	2,5	15,625	0,48	102,01	
3	2,5	15,625	0,47	97,49	

Tabel 4. Hasil Uji Kekerasan *Brinell* pada spesimen pendinginan oli SAE 90

Titik	D indikator bola (mm)	P (kgf)	d diameter tumbukan (mm)	BHN	Rata-rata BHN
1	2,5	15,625	0,44	102,01	100,5
2	2,5	15,625	0,45	97,49	
3	2,5	15,625	0,44	102,01	

Tabel 5. Hasil Uji Kekerasan *Brinell* pada spesimen pendinginan oli SAE 140

Titik	D indikator bola (mm)	P (kgf)	d diameter tumbukan (mm)	BHN	Rata-rata BHN
1	2,5	15,625	0,5	78,81	83,9
2	2,5	15,625	0,48	83,59	
3	2,5	15,625	0,47	89,30	



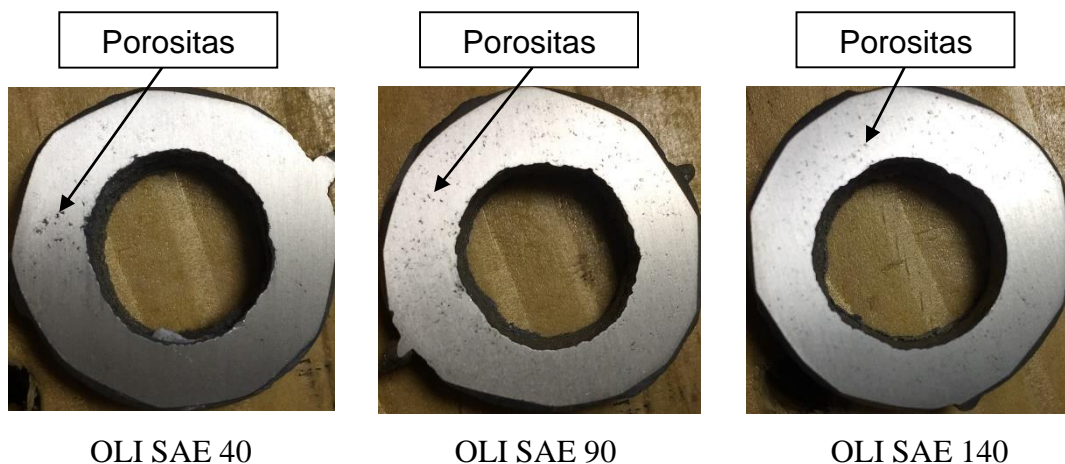
Gambar 4. Grafik hasil uji kekerasan.

3.6 Pembahasan Pengujian Kekerasan

Dari hasil pengujian kekerasan benda uji dengan media pendinginan Oli SAE 40 mempunyai nilai kekerasan Brinell tertinggi yaitu 103,85 BHN lebih keras dibandingkan Oli SAE 90 dan SAE 140, nilai benda uji dengan media pendinginan Oli SAE 90 adalah 100,5 BHN dan Oli SAE 140 sebesar 83,9 BHN. Laju dari pendinginan Oli SAE 40 lebih cepat dari laju pendinginan Oli SAE 90 dan SAE 140. Hal tersebut karena cacat porositas menyebabkan kekerasan logam berkurang sehingga struktur mikro yang terbentuk pada benda uji dengan media pendinginan Oli SAE 40 mempunyai unsur seng (Zn) lebih banyak dan merata dari benda uji dengan media pendinginan Oli SAE 90 dan SAE 140.

3.7 Pengamatan Porositas

Pada pengamatan porositas ini dilakukan dengan cara memotong sebagian spesimen dengan cara acak, kemudian pada bagian potongan tersebut diampelas sampai halus dan diberi autosol supaya porositas dapat terlihat jelas dan setelah itu difoto makro dengan menggunakan kamera dan dilakukan perbandingan setiap variasi pendinginan.



Gambar 5. Hasil foto makro cacat porositas.

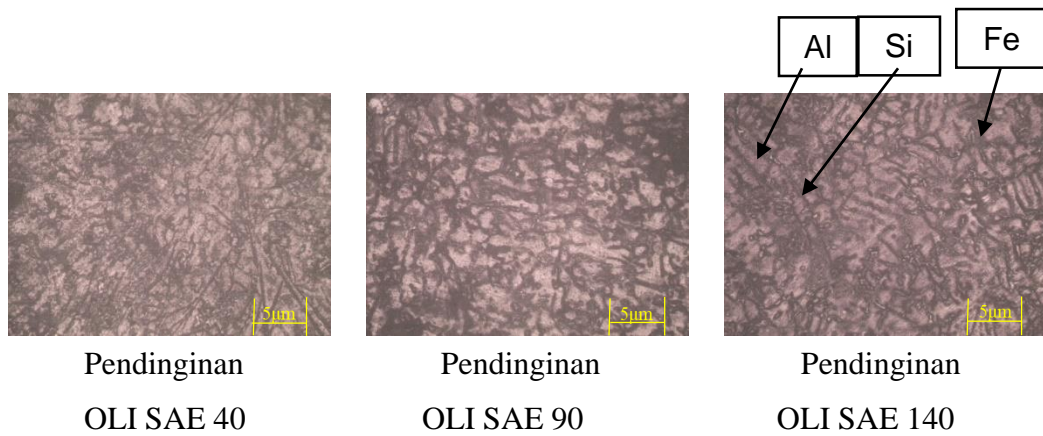
3.8 Pembahasan pengamatan cacat porositas

Berdasarkan hasil foto makro kamera diatas (gambar 5.) dapat dilihat bahwa hasil produk yang menggunakan variasi pendinginan oli SAE 40 memiliki tingkat porositas yang lebih sedikit atau rendah dibandingkan dengan variasi pendinginan oli SAE 90 dan variasi pendinginan oli SAE 140. Sedangkan pada variasi pendinginan oli SAE 90 dan variasi pendinginan oli SAE 140 kedua-duanya memiliki tingkat cacat porositas yang lebih banyak jika dibandingkan dengan variasi pendinginan oli SAE 40.

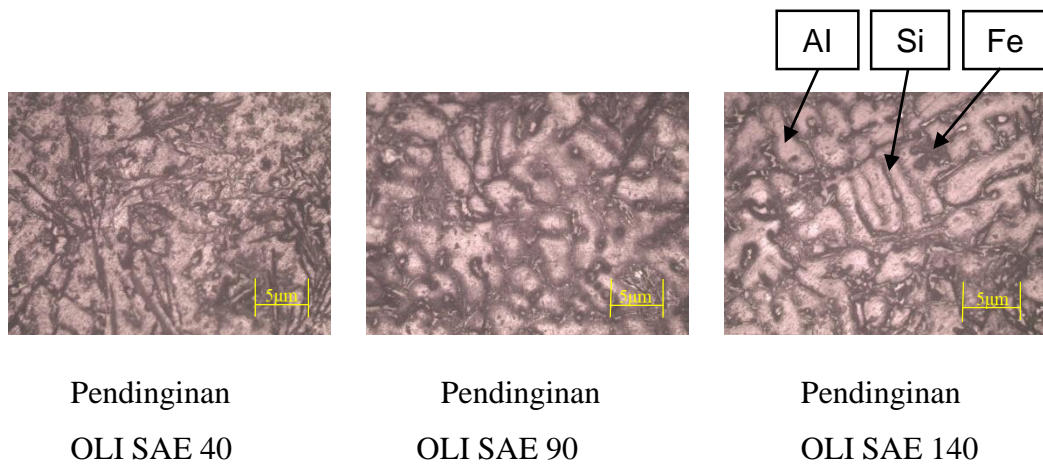
Cacat porositas akan mempengaruhi tingkat kekerasan dari suatu produk cor, semakin banyak cacat porositas pada suatu benda atau produk, maka tingkat kekerasan akan menurun begitu juga dengan sebaliknya.

3.9 Hasil Uji Foto Mikro (Metalografi)

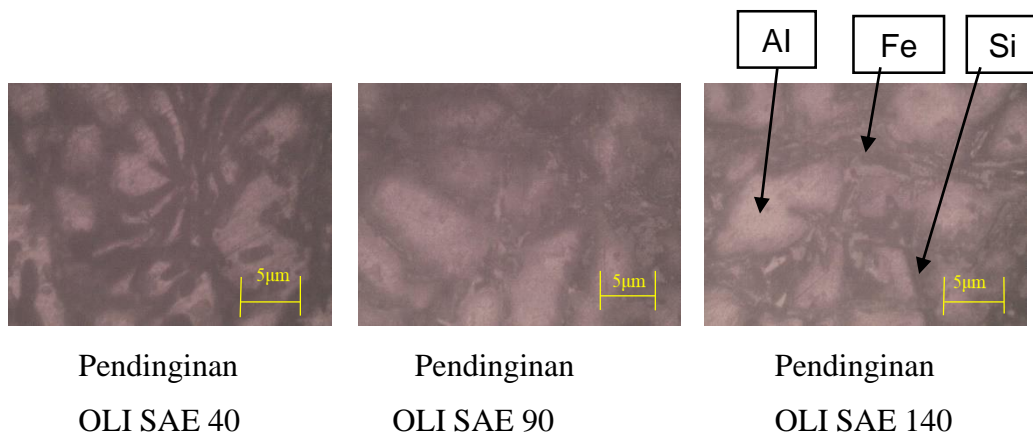
Pada pengamatan struktur mikro dilakukan menurut pengujian metalografi untuk bahan aluminium variasi pendinginan dengan pembesaran 100x, 200x dan 500x didapatkan gambar seperti yang terlihat pada gambar 6. sampai 7. dibawah ini.



Gambar 6. Perbandingan foto mikro pada pembesaran 100x.



Gambar 7. Perbandingan foto mikro pada pembesaran 200x.



Gambar 8. Perbandingan foto mikro dengan pembesaran 500x.

3.10 Pembahasan Pengamatan Foto Mikro (Metalografi)

Struktur mikro terdiri dari unsur Al (Aluminium), Si (Silikon) dan Fe (besi). Unsur aluminium (Al) berupa butiran besar yang berwarna putih, sedangkan unsur silikon (Si) berupa garis hitam memanjang seperti jarum dan besi (Fe) berwarna keabuan. Pada foto mikro variasi pendinginan oli SAE 140 terlihat diameter butiran kristal cenderung lebih besar begitu juga dengan variasi pendinginan oli SAE 90 mempunyai bentuk butiran yang cenderung lebih besar, beda halnya dengan variasi pendinginan oli SAE 40 struktur butiran lebih kecil dibandingkan dengan variasi pendinginan oli SAE 140 dan oli SAE 90. Dari sini dapat disimpulkan menurut dari nilai kekerasannya bahwa semakin tinggi nilai kekerasan sebuah benda maka diameter bentuk butiran cenderung lebih kecil dan material semakin keras atau getas hal ini terbukti pada variasi pendinginan oli SAE 40 yang mempunyai nilai kekerasan paling tinggi, sedangkan bila nilai kekerasan lebih rendah maka diameter bentuk butiran akan semakin besar dan material akan semakin lunak. Hal ini terbukti pada variasi pendinginan oli SAE 90 dan oli SAE 140 yang mempunyai nilai kekerasan dibawah variasi pendinginan oli SAE 40.

PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan penelitian dan menganalisa maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- a) Dari hasil pengujian komposisi kimia terdapat 17 unsur, tetapi hanya 5 unsur yang paling berpengaruh pada aluminium cor yaitu (Si) 9,77%, (Fe) 9,50%, (Cu) 0,115%, (Mn) 0,318%, (Zn) 1,51%. Dilihat dari unsur yang ada pada material ini dapat digolongkan logam paduan silikon (Al-Si-Fe), karena unsur silikon (Si) merupakan paduan terbesar yaitu 9,77% dan Fe sebesar 9,50%. Data diatas unsur yang paling dominan adalah Al-Si-Fe.
- b) Dari hasil pengujian kekerasan benda uji dengan media pendinginan Oli SAE 40 mempunyai nilai kekerasan Brinell tertinggi yaitu 103,85 BHN lebih keras dibandingkan Oli SAE 90 dan SAE 140, nilai benda uji

dengan media pendinginan Oli SAE 90 adalah 100,5 BHN dan Oli SAE 140 sebesar 83,9 BHN. Laju dari pendinginan Oli SAE 40 lebih cepat dari laju pendinginan Oli SAE 90 dan SAE 140.

- c) Struktur mikro terdiri dari unsur Al (Aluminium) dan Si (Silikon). Unsur aluminium (Al) berupa butiran besar yang berwarna putih, sedangkan unsur silikon (Si) berupa garis hitam memanjang seperti jarum. Pada foto mikro variasi pendinginan oli SAE 140 terlihat diameter butiran kristal cenderung lebih besar begitu juga dengan variasi pendinginan oli SAE 90 mempunyai bentuk butiran yang cenderung lebih besar, beda halnya dengan variasi pendinginan oli SAE 40 struktur butiran lebih kecil dibandingkan dengan variasi pendinginan oli SAE 140 dan oli SAE 90. Dari sini dapat disimpulkan menurut nilai kekerasannya bahwa semakin tinggi nilai kekerasan sebuah benda maka diameter bentuk butiran cenderung lebih kecil dan material semakin keras atau getas hal ini terbukti pada variasi pendinginan oli SAE 40 yang mempunyai nilai kekerasan paling tinggi, sedangkan bila nilai kekerasan lebih rendah maka diameter bentuk butiran akan semakin besar dan material akan semakin lunak.

4.2 Saran

Dalam penelitian selanjutnya, penulis mempunyai beberapa saran yang mungkin dapat digunakan untuk mengembangkan penelitian antara lain :

- a) Melakukan pembelajaran secara mendalam mengenai dasar-dasar teknik pengecoran logam sebagai referensi pendukung.
- b) Persiapkan alat dan bahan supaya produk yang dihasilkan lebih bagus.
- c) Pada saat penelitian dilakukan kerjasama antar rekan sangat penting dalam dokumentasi, pembuatan spesimen, pengujian ataupun yang lainnya supaya mendapatkan data yang lebih akurat.
- d) Untuk mendapatkan hasil yang valid carilah tempat pengujian yang sudah terpercaya.
- e) Selalu awali dengan doa disetiap melakukan sesuatu dan dasari dengan hati yang ikhlas dan imbangi dengan semangat yang tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Avner, Sydney H., 1974. Introduction to physical matallurgy, McGraw Hill International Edition, New York.
- Beeley, p., 2001. Foundry Technology Second Edition, Butterworth Heinemam,London.
- Budensky, K, Michael., 1999. Journal Of Materials. The Institute Of Materials.
- Elin Nuraini Dkk., 1996. Pengaruh Suhu Dan Media Pendingin Terhadap Perubahan Kekerasan Dan Struktur Mikro Pada Perlakuan Panas Al-Mg. Prosiding Pertemuan Dan Presentasi Ilmiah, (23-25 April 1996) Yogyakarta. PEBN-BATAN, komplek Puspitek Serpong Tangerang.
- Randy Saputra., 2012. Analisis Pengaruh Penambahan Tembaga (Cu) Dengan Variasi (7%, 8%, 9%) Pada Paduan Aluminium Silikon (Al-Si) Terhadap Sifat Fisis Dan Mekanis. Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Supriyanto., 2009. Diktat Pengecoran Logam. Jurusan Teknik Mesin Universitas Janabadra Yogyakarta.
- Surdia, T, E, Chijiwa, K., 1996. Teknik Pengecoran Logam. Penerbit